

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-239270

(P2001-239270A)

(43) 公開日 平成13年9月4日 (2001.9.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-リ-ト (参考)
C 0 2 F 1/469		B 0 1 D 61/48	Z A B 4 D 0 0 6
B 0 1 D 61/48	Z A B	C 0 2 F 1/46	1 0 3 4 D 0 6 1

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-30355 (P2000-30355)

(22) 出願日 平成12年2月8日 (2000.2.8)

(31) 優先権主張番号 特願平11-81675

(32) 優先日 平成11年3月25日 (1999.3.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-258993

(32) 優先日 平成11年9月13日 (1999.9.13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-360384

(32) 優先日 平成11年12月20日 (1999.12.20)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004400

オルガノ株式会社

東京都江東区新砂1丁目2番8号

(72) 発明者 日高 真生

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガ
ノ株式会社内

(74) 代理人 100098682

弁理士 赤塚 賢次 (外1名)

Fターム (参考) 4D006 GA17 JA08Z JA42Z JA43Z

JA44Z KA26 KB01 MA12

MA13 MA14 PA01 PB02 PC01

PC11 PC31 PC32 PC42

4D061 DA01 DB13 EA09 EB13 EB19

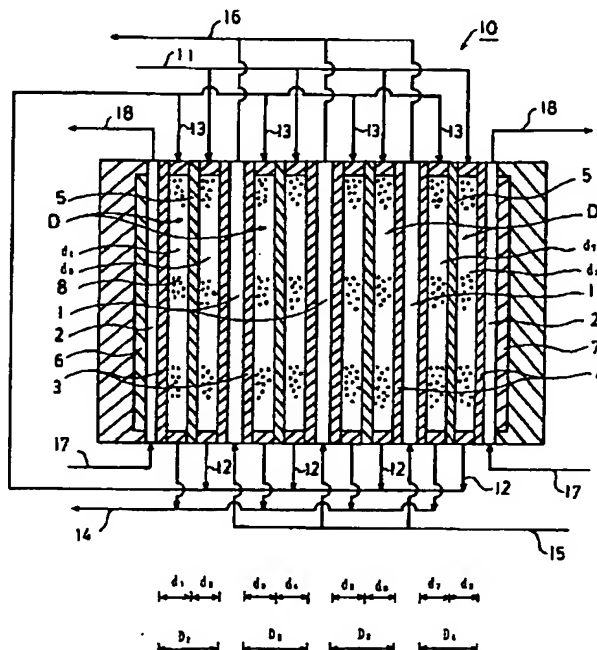
EB22

(54) 【発明の名称】 電気式脱イオン水製造装置及び脱イオン水製造方法

(57) 【要約】

【課題】 濃縮水へ薬剤を添加することなく、電気式脱イオン水製造装置の構造面からの抜本的な改善により電気抵抗を低減すると共に、濃縮室内でのスケール発生防止を抑制することのできる省電力型電気式脱イオン水製造装置及びこれを用いる脱イオン水の製造方法を提供すること。

【解決手段】 一側のカチオン交換膜3、他側のアニオン交換膜4及び中央の中間イオン交換膜5で区画される2つの小脱塩室d₁、d₂にイオン交換体8を充填して脱塩室D₁を構成し、カチオン交換膜3、アニオン交換膜4を介して脱塩室D₁の両側に濃縮室1を設け、これらの脱塩室D₁及び濃縮室1を陽極7と陰極6の間に配置して形成される電気式脱イオン水製造装置10において、電圧を印加しながら一方の小脱塩室d₂に被処理水を流入し、次いで、小脱塩室d₂の流出水を他方の小脱塩室d₁に流入すると共に、濃縮室1に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置して形成されることを特徴とする電気式脱イオン水製造装置。

【請求項2】 前記脱塩室は、カチオン交換膜、一の枠体、中間イオン交換膜、他の枠体、アニオン交換膜をこの順序で積層することにより形成された脱イオンモジュールからなることを特徴とする請求項1記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項3】 前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする請求項1又は2記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項4】 前記中間イオン交換膜と前記他側のアニオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、アニオン交換体であり、前記一側のカチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項5】 カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする請求項4記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項6】 一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造することを特徴とする脱イオン水の製造方法。

【請求項7】 被処理水が流入する前記一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がアニオン交換体であり、次いで、該小脱塩室の流出水が流入する他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がカチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする請求項6記載の脱イオン水の製造方法。

【請求項8】 前記中間イオン交換膜は、カチオン交換

膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする請求項6記載の脱イオン水の製造方法。

【請求項9】 カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする請求項7又は8記載の脱イオン水の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造分野、医薬製造分野、原子力や火力等の発電分野、食品工業などの各種の産業又は研究所施設において使用され、電気抵抗を低減することができる省電力型電気式脱イオン水製造装置及びこれを用いる脱イオン水の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】脱イオン水を製造する方法として、従来からイオン交換樹脂に被処理水を通して脱イオンを行う方法が知られているが、この方法ではイオン交換樹脂がイオンで飽和されたときに薬剤によって再生を行う必要があり、このような処理操作上の不利な点を解消するため、近年、薬剤による再生が全く不要な電気式脱イオン法による脱イオン水製造方法が確立され、実用化に至っている。

【0003】図5はその従来の典型的な電気式脱イオン水製造装置の模式断面図を示す。図5に示すように、カチオン交換膜101及びアニオン交換膜102を離間して交互に配置し、カチオン交換膜101とアニオン交換膜102で形成される空間内に一つおきにイオン交換体103を充填して脱塩室とする。脱塩室の被処理水流入側（前段）にはアニオン交換樹脂103aが充填され、脱塩室の被処理水流出側（後段）にはカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の混合イオン交換樹脂103bが充填されている。また、脱塩室104のそれぞれ隣に位置するアニオン交換膜102とカチオン交換膜101で形成されるイオン交換体103を充填していない部分は濃縮水を流すための濃縮室105とする。

【0004】また、図6に示すように、カチオン交換膜101とアニオン交換膜102と、その内部に充填するイオン交換体103とで脱イオンモジュール106を形成する。

【0005】すなわち、内部がくり抜かれた枠体107の一方の側にカチオン交換膜101を封着し、枠体107のくり抜かれた部分の上方部（前段）にアニオン交換樹脂103aを、下方部（後段）に混合イオン交換樹脂103bをそれぞれ充填し、次いで、枠体107の他方の部分にアニオン交換膜102を封着する。なお、イオン交換膜101及び102は比較的柔らかいものであり、枠体107内部にイオン交換体103を充填してそ

の両面をイオン交換膜で封着した時、イオン交換膜が湾曲してイオン交換体103の充填層が不均一となるのを防止するため、枠体107の空間部に複数のリブ108を縦設するのが一般的である。また、図では省略するが、枠体107の上方部に被処理水の流入口が、また枠体の下方部に処理水の流出口が付設されている。

【0006】このような脱イオンモジュール106の複数個をその間に図では省略するスペーサーを挟んで、並設した状態が図5に示されたものであり、並設した脱イオンモジュール106の一側に陰極109を配設すると共に、他端側に陽極110を配設する。なお、前述したスペーサーを挟んだ位置が濃縮室105であり、また両端の濃縮室105の両外側に必要に応じカチオン交換膜101、アニオン交換膜102、あるいはイオン交換性のない単なる隔膜等の仕切り膜を配設し、仕切り膜で仕切られた両電極109、110が接触する部分をそれぞれ陰極室112及び陽極室113とする。このように、従来の電気式脱イオン水製造装置においては、濃縮室の数は脱塩室の数より1つ多い形態のものであった。

【0007】このような電気式脱イオン水製造装置によって脱イオン水を製造する場合を図5及び脱塩室と濃縮室の関係を原理的に示した図4を共に参照して説明する。すなわち、陰極109と陽極110間に直流電流を通じ、また、被処理水流入ライン111から被処理水が流入すると共に、濃縮水流入ライン115から濃縮水が流入し、且つ電極水流入ライン117、117からそれぞれ電極水が流入する。被処理水流入ライン111から流入した被処理水は脱塩室104を流下し、先ず、前段のアニオン交換樹脂103aを通過する際、塩酸イオンや硫酸イオンなどのアニオン成分が除去され、次に、後段のカチオン交換樹脂及びアニオン交換樹脂の混合イオン交換樹脂103bを通過する際、マグネシウムやカルシウムなどのカチオン成分が除去される。濃縮水流入ライン115から流入した濃縮水は各濃縮室105を上昇し、カチオン交換膜101及びアニオン交換膜102を介して移動してくる不純物イオンを受取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン116から流出され、さらに電極水流入ライン117、117から流入した電極水は電極水流出ライン118、118から流出される。従って、脱イオン水流出ライン114から脱塩水が得られる。

【0008】一方、このような電気式脱イオン水製造装置を使用して被処理水中の不純物イオンを省電力で除去するために、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を低減する種々の試みがなされている。この場合、脱塩室においては、脱塩室に使用されるイオン交換体の充填方法や充填量が要求される処理水の水質によって決定されるため、脱塩室の電気抵抗を低減させるには限界がある。そこで、濃縮室の電気抵抗を低減するための対策が採られることが多い。例えば、特開平9-24374号公報

には、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室における電気抵抗を低減する方法が開示されている。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法も多数報告されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、電解質を濃縮室へ供給するためのポンプ、薬剤貯留タンク及び供給配管などを設置しなければならず、設置面積の増加、設置コストの上昇などを招く、また、定期的に薬剤の補給や管理を行わなければならず、連続再生型装置であるにもかかわらず人手がかかるという問題がある。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、濃縮水中に含まれるカルシウムやマグネシウムなどの硬度成分も濃厚となりスケールの発生を促進して、結果的に電気抵抗の上昇を招来するという問題がある。

【0010】従って、本発明の目的は、濃縮水へ薬剤を添加することなく、電気式脱イオン水製造装置の構造面からの抜本的な改善により電気抵抗を低減すると共に、濃縮室内でのスケール発生防止を抑制することのできる省電力型電気式脱イオン水製造装置及びこれを用いる脱イオン水の製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】かかる実情において、本発明者らは鋭意検討を行った結果、枠体の一侧にカチオン交換膜が封着され、他側にアニオン交換膜が封着された従来の脱塩室構造において、このカチオン交換膜とアニオン交換膜の間にさらに、脱塩室を2分割する中間イオン交換膜を配設して、2つの小脱塩室を隣合わせに有する脱塩室とし、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら被処理水を一方の小脱塩室に流入させ、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入させると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造するようにすれば、イオン交換体が充填された脱塩室1つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0012】すなわち、請求項1の発明(1)は、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置して形成されることを特徴とする電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、イオ

ン交換体が充填された脱塩室1つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、従来の装置と比較して相対的に濃縮室の数が少ないため、濃縮室を流通する濃縮水のイオン濃度を濃厚とすることができ、導電率が向上し、更に電気抵抗が低減されると共に、濃縮室内を流通する濃縮水の流速を高めることができ、濃縮室内のスケールが発生し難くなる。また、2つの小脱塩室のうち、少なくとも1つの脱塩室に充填されるイオン交換体を例えばアニオン交換体のみ、又はカチオン交換体のみ等の単一イオン交換体もしくはアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体とすることができ、イオン交換体が充填された脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、且つ高い電流効率を得る最適な厚さに設定することができる。この理由は、カチオン交換体やアニオン交換体又はアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体の充填層の電気抵抗はその充填層の厚さが薄ければ薄いほど小さく、電流効率は厚ければ厚いほどよいから、イオン交換体の種類毎に電気抵抗を低減し、且つ高い性能を得るための最適な厚さが存在するのであるが、従来の脱塩室構造では、カチオン交換体、アニオン交換体及びカチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体の3種のイオン交換体のうち、2種以上のイオン交換体が存在すると、電気抵抗を低減する観点からの厚さ設計はできなかったことによる。

【0013】請求項2の発明(2)は、前記脱塩室は、カチオン交換膜、一の枠体、中間イオン交換膜、他の枠体、アニオン交換膜をこの順序で積層することにより形成された脱イオンモジュールからなる(1)記載の電気式脱イオン水製造装置前記脱塩室を提供するものである。かかる構成を採ることにより、前記発明と同様の効果を奏する他、従来の脱イオンモジュールを作製する場合と比較して、枠体及びイオン交換膜をそれぞれ更に1個ずつ準備するだけでよく、脱塩室の基本構造を抜本的に改善するにもかかわらず、簡単な変更で済む。

【0014】請求項3の発明(3)は、前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜である(1)又は(2)記載の電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、前記発明と同様の効果を奏する他、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。すなわち、被処理水中の陽イオンをより低減したい場合はカチオン交換膜を使用し、被処理水中の陰イオンをより低減したい場合はアニオン交換膜を使用することができる。また、複式膜は装置上部又は装置下部にカチオン交換膜又はアニオン交換膜を配置するものであるが、この場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側(入口側)にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側(出口

側)にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側(出口側)に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという作用を奏する。従来、中間イオン交換膜にバイポーラ膜を使用した電気透析槽もあるが、バイポーラ膜はアニオン交換膜とカチオン交換膜を張り合わせた構造を持つため、膜の一方の側から他方の側へのイオンの透過は行われず、本発明の目的を達成することはできない。

【0015】請求項4の発明(4)は、前記中間イオン交換膜と前記他側のアニオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、アニオン交換体であり、前記一侧のカチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする前記(1)～(3)記載の電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、アニオン成分を多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。また、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室を流れる被処理水と濃縮水の流れが逆の場合、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水を直ちに濃縮室から流出して濃縮室内でのスケール発生を防止できる装置とすることができる。

【0016】請求項5の発明(5)は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする前記(4)記載の電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、より低い電気抵抗及びより高い電流効率を得られるため、高度な省電力型装置とすることができる。

【0017】請求項6の発明(6)は、一侧のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造する脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、上記電気式脱イオン水製造装置を使用して、従来と同じ水質の処理水を省電力で得ることができる。

【0018】請求項7の発明(7)は、被処理水が流入

する前記一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がアニオン交換体であり、次いで、該小脱塩室の流出水が流入する他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がカチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする前記(6)記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、被処理水はアニオン交換体の単床を通過する際、特に被処理水の入口側近傍で塩酸イオンや硫酸イオンなどのアニオン成分が、アニオン交換膜を介して濃縮室側に移動して除去される。次いで、この処理水はカチオン及びアニオン交換樹脂の混床を通過する際、脱塩室入口側近傍でマグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分が、カチオン膜を介して濃縮室側に移動して除去される。また、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室を流れる被処理水と濃縮水の流れが逆の場合、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水は直ちに濃縮室から流出するから濃縮室内でのスケール発生を防止できる。

【0019】請求項8の発明(8)は、前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする前記(6)記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。また、複式膜を使用する場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側(入口側)にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側(出口側)にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側(出口側)に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという作用を奏する。

【0020】請求項9の発明(9)は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm~8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm~15mmとすることを特徴とする前記(7)又は(8)記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、より低い電気抵抗及びより高い電流効率を得られるため、処理水質を悪化させることなく、高度な省電力運転をすることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置を図1及び図2を参照して説明する。図1は本実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の模式図であり、図2は脱塩室を構成するための脱イオンモジュールを示す分解斜視図である。図1に示すように、カチオン交換膜3、中間イオン交換膜5及びア

ニオン交換膜4を離間して交互に配置し、カチオン交換膜3と中間イオン交換膜5で形成される空間内にイオン交換体8を充填して第1小脱塩室d1、d3、d5、d7を形成し、中間イオン交換膜5とアニオン交換膜4で形成される空間内にイオン交換体8を充填して第2小脱塩室d2、d4、d6、d8を形成し、第1小脱塩室d1と第2小脱塩室d2で脱塩室D1、第1小脱塩室d3と第2小脱塩室d4で脱塩室D2、第1小脱塩室d5と第2小脱塩室d6で脱塩室D3、第1小脱塩室d7と第2小脱塩室d8で脱塩室D4とする。また、脱塩室D2、D3のそれぞれ隣に位置するアニオン交換膜4とカチオン交換膜3で形成されるイオン交換体8を充填していない部分は濃縮水を流すための濃縮室1とする。これを順次に併設して図中、左より脱塩室D1、濃縮室1、脱塩室D2、濃縮室1、脱塩室D3、濃縮室1、脱塩室D4を形成する。また、中間膜を介して隣合う2つの小脱塩室において、第2小脱塩室の処理水流出ライン12は第1脱塩室の被処理水流入ライン13に接続されている。

【0022】このような脱塩室は2つの内部がくり抜かれた枠体と3つのイオン交換膜によって形成される脱イオンモジュールからなる。すなわち、図2に示すように、第1枠体21の一側にカチオン交換膜3を封着し、第1枠体21のくり抜かれた部分にイオン交換体8を充填し、次いで、第1枠体21の他方の部分に中間イオン交換膜5を封着して第1小脱塩室を形成する。次に中間イオン交換膜5を挟み込むように第2枠体22を封着し、第2枠体22のくり抜かれた部分にイオン交換体8を充填し、次いで、第2枠体22の他方の部分にアニオン交換膜4を封着して第2小脱塩室を形成する。なお、イオン交換膜3、4、5は比較的柔らかいものであり、第1枠体21、第2枠体22内部にイオン交換体8を充填してその両面をイオン交換膜で封着した時、イオン交換膜が湾曲してイオン交換体8の充填層が不均一となるのを防止するため、第1枠体21、第2枠体22の空間部に複数のリブ23を縦設する。また、図では省略するが、第1枠体21、第2枠体22の上方部に被処理水の流入口又は処理水の流出口が、また枠体の下方部に被処理水の流出口又は処理水の流入口が付設されている。このような脱イオンモジュール20の複数個をその間に図では省略するスペーサーを挟んで、並設した状態が図1に示されたものであり、並設した脱イオンモジュール20の一側に陰極6を配設すると共に、他端側に陽極7を配設する。なお、前述したスペーサーを挟んだ位置が濃縮室1であり、また両端の脱塩室Dの両外側に必要に応じカチオン交換膜、アニオン交換膜、あるいはイオン交換性のない単なる隔膜等の仕切り膜を配設し、仕切り膜で仕切られた両電極6、7が接触する部分をそれぞれ電極室2、2としてもよい。また、前記内部がくり抜かれた枠体とは、該枠体とイオン交換膜を積層した場合、該

枠体と該イオン交換膜間にイオン交換体が充填される空間部を形成するような構造のものであれば、特に制限されず、例えば、四角柱状の棒状部材を組付けた枠体であってもよい。

【0023】このような電気式脱イオン水製造装置によって脱イオン水を製造する場合、以下のように操作される。すなわち、陰極6と陽極7間に直流電流を通じ、また被処理水流入ライン11から被処理水が流入すると共に、濃縮水流入ライン15から濃縮水が流入し、かつ電極水流入ライン17、17からそれぞれ電極水が流入する。被処理水流入ライン11から流入した被処理水は第2小脱塩室d2、d4、d6、d8を流下し、イオン交換体8の充填層を通過する際に不純物イオンが除去される。更に、第2小脱塩室の処理水流出ライン12を通った流出水は、第1小脱塩室の被処理水流入ライン13を通過して第1小脱塩室d1、d3、d5、d7を流下し、ここでもイオン交換体8の充填層を通過する際に不純物イオンが除去され、脱イオン水が脱イオン水流出ライン14から得られる。また、濃縮水流入ライン15から流入した濃縮水は各濃縮室1を上昇し、カチオン交換膜3及びアニオン交換膜4を介して移動してくる不純物イオンを受取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン16から流出され、さらに電極水流入ライン17、17から流入した電極水は電極水流出ライン18、18から流出される。上述の操作によって、被処理水中の不純物イオンは電気的に除去される。

【0024】本実施の形態例において、中間のイオン交換膜としては、カチオン交換膜又はアニオン交換膜の単一膜、あるいはアニオン交換膜、カチオン交換膜の両方を配置したとした複式膜のいずれであってもよい。装置上部又は装置下部にアニオン交換膜又はカチオン交換膜とした複式膜とする場合、アニオン交換膜及びカチオン膜のそれぞれの高さ（面積）は被処理水の水質又は処理目的などによって適宜決定される。また、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオン種に応じてイオン交換膜が決定される。

【0025】第1小脱塩室又は第2小脱塩室の厚さは特に制限されず、第1小脱塩室又は第2小脱塩室に充填されるイオン交換体の種類と充填方法によって、最適な厚さを決定すればよい。従って、第1小脱塩室の厚さを3mm、第2小脱塩室の厚さを6mmとして、全体の厚さ、すなわち脱塩室の厚さを9mmとしてもよい。このように、複数の脱塩室と濃縮室を交互に配置し、脱塩室の両側に配されるカチオン交換膜とアニオン交換膜で区画される脱塩室の厚みは、従来のものよりも厚くでき、1.5～1.8mm範囲、好適には、6.5～1.5mm、更に好適には9～1.3mmの範囲で適宜決定される。

【0026】また、脱塩室に充填されるイオン交換体としては、特に制限されず、アニオン交換体単床、カチオン交換体単床及びアニオン交換体とカチオン交換体の混

床又はこれらの組合せのものが挙げられる。また、イオン交換体としては、イオン交換樹脂、イオン交換繊維などイオン交換機能を有する物質であればいずれでもよく、また、それらを組合せたものであってもよい。

【0027】また、被処理水の第1小脱塩室及び第2小脱塩室での流れ方向は、特に制限されず、上記実施の形態例の他、第1小脱塩室と第2小脱塩室での流れ方向が異なってもよい。また、被処理水が流入する小脱塩室は、上記実施の形態例の他、先ず、被処理水を第1脱塩室に流入させ、流下した後、第1脱塩室の流出水を第2脱塩室に流入させてもよい。また、濃縮水の流れ方向も適宜決定される。

【0028】次に、上記実施の形態例において、中間イオン交換膜として、アニオン交換膜を使用し、第1小脱塩室d1に充填されるイオン交換体は、アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の混床とし、第2小脱塩室d2に充填されるイオン交換体はアニオン交換樹脂の単床とした場合を図3を参照して説明する。図3は図1の脱塩室と濃縮室の関係を原理的に示した図であり、従来例の図4と比較されるものである。図3中、第2小脱塩室に流入する被処理水の流れ方向及び第1小脱塩室に流入する第2小脱塩室の流出水の流れ方向は図中、共に下降方向であり、濃縮水の流れ方向はその逆の上昇方向である。被処理水流入ライン11から流入した被処理水は第2小脱塩室d2、d4、d6（d8は省略）を流下し、アニオン交換樹脂の単床Aを通過する際、特に被処理水の入口側近傍で塩酸イオンや硫酸イオンなどのアニオン成分が、アニオン交換膜aを介して濃縮室側に移動して除去される。この場合、被処理水中のカチオン成分は被処理水中に含まれたままである。そして、第2小脱塩室の処理水流出ライン12を通った流出水は、第1小脱塩室の被処理水流入ライン13を通過して第1小脱塩室d1、d3、d5（d7は省略）を流下し、カチオン及びアニオン交換樹脂の混床Mを通過する際、特に第1小脱塩室入口側（第2小脱塩室入口側）近傍でマグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分が、カチオン膜cを介して濃縮室側に移動して除去される。従って、脱イオン水流出ライン14から脱塩水が得られると共に、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水は直ちに濃縮室から流出するから濃縮室内でのスケール発生を防止できる。

【0029】図3に示す実施の形態例において、第1小脱塩室及び第2小脱塩室の厚さは特に制限されないが、カチオン交換体（カチオン交換樹脂）とアニオン交換体（アニオン交換樹脂）の混合体を充填した第1小脱塩室の厚さを0.8～8mm、好ましくは2～5mm、アニオン交換体（アニオン交換樹脂）を充填した第2小脱塩室の厚さを5～1.5mm、好ましくは6～1.0mmとすれば、より低い電気抵抗及びより高い電流効率が得られる点で好適である。第1小脱塩室の厚さが0.8mm未満では滞留

時間を十分に確保できず、水質が悪化する傾向となる。また、8mmを越えると電気抵抗が上昇し過ぎて装置の安定運転に支障を来す。また、同様に第2小脱塩室の厚さが5mm未満では滞留時間を十分に確保できず、水質が悪化する傾向となる。また、15mmを越えると電流効率の上昇に比べて電気抵抗の上昇が顕著となる点で望ましくない。

【0030】図3から明らかなように、本実施の形態例ではイオン交換体が充填された脱塩室1つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、従来の装置と比較して相対的に濃縮室の数が少ないため、濃縮室を流通する濃縮水のイオン濃度を濃厚とすることができ、導電率が向上し、更に電気抵抗が低減されると共に、濃縮室内を流通する濃縮水の流速を高めることができ、濃縮室内のスケールが発生し難くなる。また、使用されるイオン交換膜の使用量も削減できる。

【0031】

【実施例】次に、実施例を挙げて本発明を更に具体的に説明するが、これは単に例示であって、本発明を制限するものではない。

実施例1

下記装置仕様及び運転条件下において、図3に示す構成、すなわち3個の脱イオンモジュール（6個の小脱塩室）を並設して構成される電気式脱イオン水製造装置の脱塩室及び濃縮室にそれぞれ通水して、5000時間の

通水運転を行った。結果を表1に示す。

【0032】・被処理水及び濃縮水；工業用水を逆浸透膜装置で処理して得た透過水

・被処理水の抵抗率；0.31MΩ-cm

・第1小脱塩室；幅300mm、高さ600mm、厚さ3mm

・第1小脱塩室充填イオン交換樹脂；アニオン交換樹脂（A）とカチオン交換樹脂（K）との混合イオン交換樹脂（混合比は体積比でA：K=1：1）

・第2小脱塩室；幅300mm、高さ600mm、厚さ8mm

・第2小脱塩室充填イオン交換樹脂；アニオン交換樹脂

・装置全体の流量；1m³/h.

【0033】比較例1

下記装置仕様及び運転条件下において、図4に示す構成、すなわち6個の脱イオンモジュールを並設して構成される電気式脱イオン水製造装置の脱塩室及び濃縮室にそれぞれ通水して、5000時間の通水運転を行った。結果を表1に示す。但し、被処理水、濃縮水の水質及び装置全体の流量は実施例1と同様である。

【0034】・脱塩室；幅300mm、高さ600mm、厚さ8mm

・脱塩室充填イオン交換樹脂；脱塩室内の上半分に実施例1と同じアニオン交換樹脂を配置し、下半分に実施例1と同じ混合イオン交換樹脂を配置した。

【0035】

【表1】

	実施例1	比較例1
平均印加電圧 (V)	100	150
電流 (A)	1.5	1.5
5,000 時間後の処理水の抵抗率 (M Ω-cm)	17.9	17.7

【0036】表1より、実施例1は比較例1に比して、1.5Aの電流を流すのに約33%の電力を低減することができる。

【0037】参考例1

第1小脱塩室及び第2小脱塩室の厚みが電気式脱イオン水製造装置の平均印加電圧や電流及び処理水質に与える影響を検討した。すなわち、アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の混合樹脂を充填した第1小脱塩室の厚み3mmを、0.5mmに変更した以外は、実施例1と同様の方法で行った。結果を表2に示す。

【0038】参考例2

アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂の混合樹脂を充填した第1小脱塩室の厚み3mmを、10mmに変更した以外

は、実施例1と同様の方法で行った。結果を表2に示す。

【0039】参考例3

アニオン交換樹脂を充填した第2小脱塩室の厚み8mmを、3mmに変更した以外は、実施例1と同様の方法で行った。結果を表2に示す。

【0040】参考例4

アニオン交換樹脂を充填した第2小脱塩室の厚み8mmを、17mmに変更した以外は、実施例1と同様の方法で行った。結果を表2に示す。

【0041】

【表2】

	参考例1	参考例2	参考例3	参考例4
平均印加電圧 (V)	80	140	100	120
電流 (A)	1.5	1.5	1.5	1.5
5,000 時間後の処理水の抵抗率 (M Ω -cm)	7.7	16.8	15.5	17.1

【0042】表2より、図3に示す実施の形態例において、第1小脱塩室や第2小脱塩室の厚さを厚くし過ぎたり、薄くし過ぎた場合は、電気抵抗が上昇したり、処理水の水质が悪化する傾向が認められる。

【0043】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、イオン交換体が充填された脱塩室1つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、従来の装置と比較して相対的に濃縮室の数が少ないため、濃縮室を流通する濃縮水のイオン濃度を濃厚とすることができ、導電率が向上し、更に電気抵抗が低減されると共に、濃縮室内を流通する濃縮水の流速を高めることができ、濃縮室内のスケールが発生し難くなる。また、2つの小脱塩室のうち、少なくとも1つの脱塩室に充填されるイオン交換体を例えばアニオン交換体のみ、又はカチオン交換体のみ等の単一イオン交換体とすることができ、この脱塩室の厚さを電気抵抗を低減する最適な厚さに設定することができる。また、従来の装置に比して、イオン交換膜の使用量を削減できる。

【0044】請求項2の発明によれば、前記発明と同様の効果を奏する他、従来の脱イオンモジュールを作製する場合と比較して、枠体及びイオン交換膜をそれぞれ更に1個ずつ準備するだけでよく、脱塩室の基本構造を改善するにもかかわらず、簡単な変更で済む。

【0045】請求項3の発明によれば、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。すなわち、被処理水中の陽イオンをより低減したい場合はカチオン交換膜を使用し、被処理水中の陰イオンをより低減したい場合はアニオン交換膜を使用することができる。また、複式膜は装置上部又は装置下部にカチオン交換膜又はアニオン交換膜を配置するものであるが、この場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側（入口側）にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側（出口側）にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側（出口側）に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという効果を奏する。

【0046】請求項4の発明によれば、アニオン成分を

多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。また、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室を流れる被処理水と濃縮水の流れが逆の場合、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水を直ちに濃縮室から流出して濃縮室内でのスケール発生を防止できる装置とすることができる。

【0047】請求項5の発明によれば、より低い電気抵抗及びより高い電流効率が得られるため、高度な省電力型装置とすることができる。

【0048】請求項6の発明によれば、上記電気式脱イオン水製造装置を使用して、従来と同じ水质の処理水を省電力で得ることができる。

【0049】請求項7の発明によれば、アニオン成分を多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。また、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室を流れる被処理水と濃縮水の流れが逆の場合、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水は直ちに濃縮室から流出するから濃縮室内でのスケール発生を防止できる。

【0050】請求項8の発明によれば、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。また、複式膜を使用する場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側（入口側）にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側（出口側）にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側（出口側）に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという効果を奏する。

【0051】請求項9の発明によれば、より低い電気抵抗及びより高い電流効率が得られるため、処理水质を悪化させることなく、高度な省電力運転をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の模式図である。

【図2】脱塩室を構成するための脱イオンモジュールを示す分解斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の原理図である。

【図4】従来の電気式脱イオン水製造装置の原理図である。

【図5】従来の電気式脱イオン水製造装置の模式図である。

【図6】従来の脱塩室を構成するための脱イオンモジュールを示す分解斜視図である。

【符号の説明】

D、D ₁ ～D ₄ 、104	脱塩室
d ₁ 、d ₃ 、d ₅ 、d ₇ 、	第1小脱塩室
d ₂ 、d ₄ 、d ₆ 、d ₈ 、	第2小脱塩室
1、105	濃縮室
2、112、113	電極室
3、101、c	カチオン膜
4、102、a	アニオン膜
5	中間イオン交換膜
6、109	陰極
7、110	陽極
8、103	イオン交換体
10、100	電気式脱イオン水製造

装置

11、111

12

流出ライン

13

水流入ライン

14、114

15、115

16、116

17、117

18、118

20、106

21

22

23、108

107

A

M

チオン交換樹脂の混合

イオン交換樹脂

被処理水流入ライン

第2小脱塩室の処理水

第1小脱塩室の被処理

脱イオン水流出ライン

濃縮水流入ライン

濃縮水流出ライン

電極水流入ライン

電極水流出ライン

脱イオンモジュール

第1枠体

第2枠体

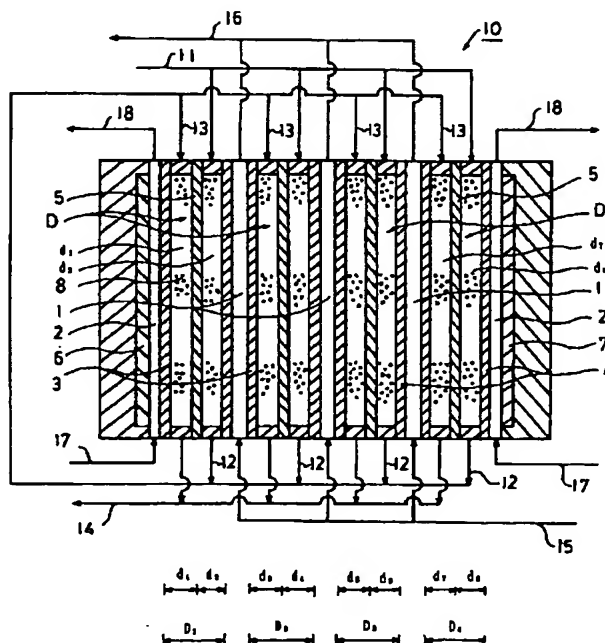
補強リブ

枠体

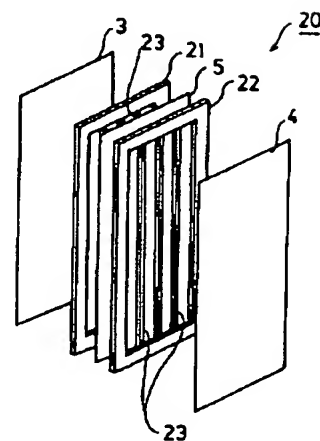
アニオン交換樹脂

アニオン交換樹脂とカ

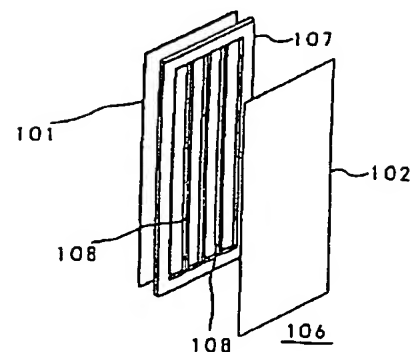
【図1】



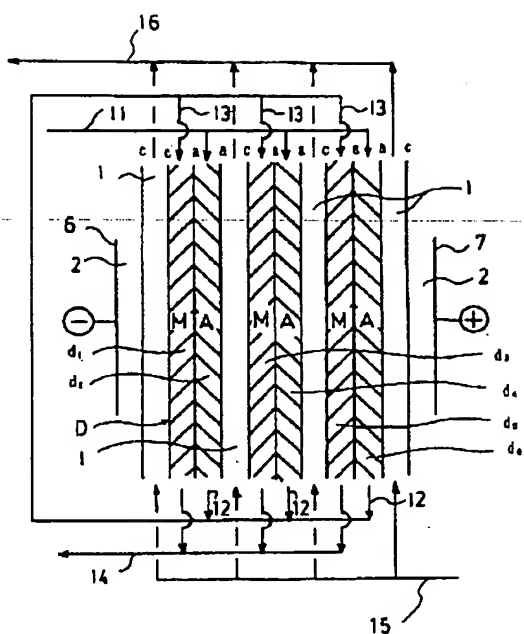
【図2】



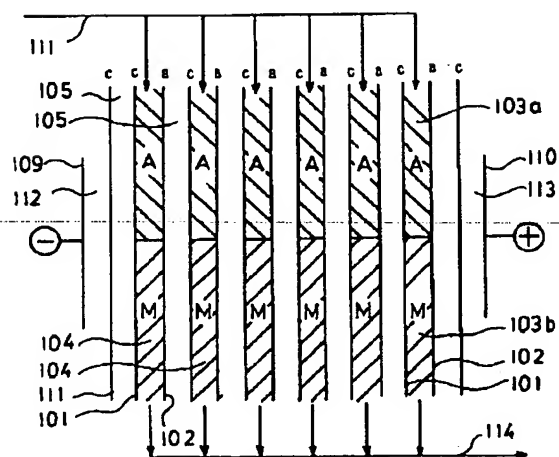
【図6】



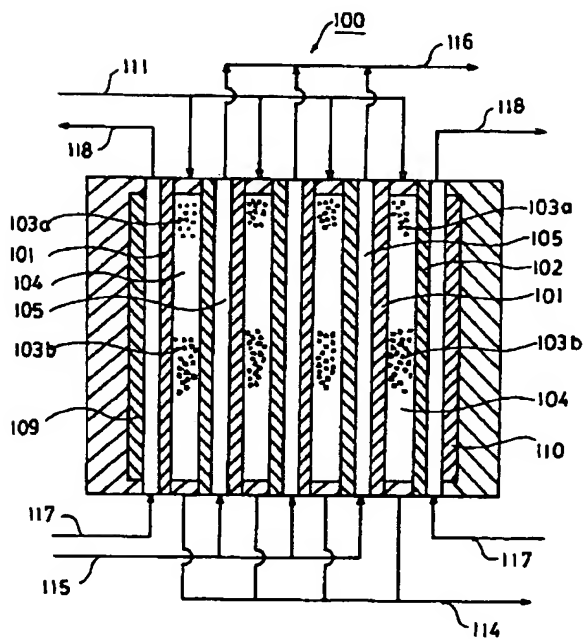
【図3】



【図4】



【図5】



【手続補正書】

【提出日】平成12年11月20日（2000. 11. 20）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置して形成されることを特徴とする電気式脱イオン水製造装置。

【請求項2】 前記脱塩室は、カチオン交換膜、一の枠体、中間イオン交換膜、他の枠体、アニオン交換膜をこの順序で積層することにより形成された脱イオンモジュールからなることを特徴とする請求項1記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項3】 前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする請求項1又は2記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項4】 前記中間イオン交換膜と前記他側のアニオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、アニオン交換体であり、前記一側のカチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項5】 カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする請求項4記載の電気式脱イオン水製造装置。

【請求項6】 一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造

することを特徴とする脱イオン水の製造方法。

【請求項7】 被処理水が流入する前記一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がアニオン交換体であり、次いで、該小脱塩室の流出水が流入する他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がカチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする請求項6記載の脱イオン水の製造方法。

【請求項8】 前記カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室の被処理水の流れ方向と、濃縮水の流れ方向が逆であることを特徴とする請求項7記載の脱イオン水の製造方法。

【請求項9】 前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする請求項6記載の脱イオン水の製造方法。

【請求項10】 カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする請求項7～9のいずれか1項に記載の脱イオン水の製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】請求項7の発明（7）は、被処理水が流入する前記一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がアニオン交換体であり、次いで、該小脱塩室の流出水が流入する他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体がカチオン交換体とアニオン交換体の混合体であることを特徴とする前記（6）記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、被処理水はアニオン交換体の単床を通過する際、特に被処理水の入口側近傍で塩酸イオンや硫酸イオンなどのアニオン成分が、アニオン交換膜を介して濃縮室側に移動して除去される。次いで、この処理水はカチオン及びアニオン交換樹脂の混床を通過する際、脱塩室入口側近傍でマグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分が、カチオン膜を介して濃縮室側に移動して除去される。請求項8の発明（8）は、前記カチオン交換体とアニオン交換体の混合体が充填された小脱塩室の被処理水の流れ方向と、濃縮水の流れ方向が逆であることを特徴とする前記（7）記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水は直ちに濃縮室から流出するから濃縮室内でのスケール発生を防止できる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】請求項9の発明(9)は、前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする前記(6)記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。また、複式膜を使用する場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側(入口側)にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側(出口側)にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側(出口側)に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという作用を奏する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】請求項10の発明(10)は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を充填した小脱塩室の厚さを0.8mm～8mmとし、且つアニオン交換体を充填した小脱塩室の厚さを5mm～15mmとすることを特徴とする前記(7)～(9)のいずれか1項に記載の脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、より低い電気抵抗及びより高い電流効率が得られるため、処理水質を悪化させることなく、高度な省電力運転をすることができる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】請求項7の発明によれば、アニオン成分を多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。また、請求項8の発明によれば、マグネシウムやカルシウムイオンなどのカチオン成分を濃縮した濃縮水は直ちに濃縮室から流出するから濃縮室内でのスケール発生を防止できる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正内容】

【0050】請求項9の発明によれば、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。また、複式膜を使用する場合、例えば、第1小脱塩室被処理水側(入口側)にカチオン膜、第1小脱塩室処理水側(出口側)にアニオン交換膜を配置すると、第2小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第1小脱塩室のpHがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第1小脱塩室処理水側(出口側)に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという効果を奏する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】請求項10の発明によれば、より低い電気抵抗及びより高い電流効率が得られるため、処理水質を悪化させることなく、高度な省電力運転をすることができる。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.